

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-090553

(43)Date of publication of application : 04.04.1995

(51)Int.Cl.

C23C 14/22

C23C 14/48

C23C 16/26

C23C 16/56

(21)Application number : 05-239554

(71)Applicant : MIYAKE SHOJIRO  
KOYO SEIKO CO LTD

(22)Date of filing : 27.09.1993

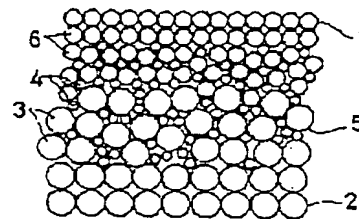
(72)Inventor : MIYAKE SHOJIRO  
YAMAMOTO KENJI

## (54) SLIDING MEMBER AND ITS PRODUCTION

(57)Abstract:

PURPOSE: To improve the adhesion property of a substrate to a diamond like carbon(DLC) film formed on the surface of the substrate and to obtain a sliding member small in frictional force by forming a mixing layer of carbon atom with an implanting atom on the boundary part between the DLC film and the substrate.

CONSTITUTION: The DLC film 2 of the amorphous diamond like carbon is formed on the surface of the substrate 1, and after ions are implanted by ion implantation method. As a result, the mixing layer 5 of carbon atom 3 with the implanting atom 4 is formed on the boundary part between the substrate 1 and the DLC film. Then, the sliding member in which the mixing layer 5 is formed on the boundary part is obtained and the adhesion property of the substrate 1 to the DLC film 2 is improved and the frictional force becomes small. The stripping of the DLC film 2 is prevented because the difference of coefficient of thermal expansion between the substrate 1 and the DLC film 2 is absorbed by the mixing layer.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.02.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 21.11.2000

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2000 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to a moving part and its manufacture method.

[0002]

[Description of the Prior Art] Various kinds of moving parts are contained in the measuring instrument used in the clean environment of vacuum atmosphere, activity and inert gas atmosphere, a clean room, etc., a manufacturing installation, and input/output equipment in each nose-of-cam field, such as a semiconductor, medicine, and a spacecraft machine. As such a moving part, the bearing parts of anti-friction bearing are known, for example. In anti-friction bearing, it is not avoided at the time of use that a skid occurs between a bearing washer and a rolling element. By the way, as a moving part used in a clean environment which was mentioned above, it is required not to mention the frictional force in the case of use being small that especially the amount of raising dust should be very small.

[0003] That in which the hard carbon film called the diamond-like carbon (DLC) film amorphous on the surface of a base material as a moving part which filled such a demand conventionally was formed is considered.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Although such a hard carbon film was formed of various PVD and various CVD, the adhesion of a DLC film and a base material was bad, and since a friction property was moreover inferior, when the load became large at the time of use, it had the problem that frictional force increased and ablation arose. Moreover, since the difference of the coefficient of thermal expansion of a base material and a DLC film was large, internal stress occurred on the DLC film after DLC film formation, and there was a problem that ablation arose.

[0005] The purpose of this invention is to offer the moving part which solved the above-mentioned problem, and its manufacture method.

[0006]

[Means for Solving the Problem] The moving part by this invention is a moving part in which the hard carbon film is formed on the surface of the base material, and the mixolimnion of a carbon atom and a pouring atom is formed in the interface portion of a base material and a hard carbon film.

[0007] The manufacture method of the moving part by this invention is a method of manufacturing the moving part in which the hard carbon film is formed on the surface of the base material, after it forms a hard carbon film, pours in ion with ion-implantation and is characterized by forming the mixolimnion of a carbon atom and a pouring atom in the interface portion of a base material and a hard carbon film by this.

[0008] In this method, a hard carbon film is a DLC film and the formation is performed by various PVD and various CVD as usual.

[0009] The manufacture method of other moving parts by this invention is a method of manufacturing the moving part in which the hard carbon film is formed on the surface of the base material, and as soon as it forms a hard carbon film, it pours in ion with ion-implantation and it is characterized by forming the mixolimnion of a carbon atom and a pouring atom in the interface portion of a base material and a hard carbon film by this by it.

[0010] In this method, a hard carbon film is a DLC film and it is good to perform the formation by the ion plating method or the vacuum deposition method. It is because these methods become possible [ carrying out in a high vacuum ] and it becomes easy to carry out simultaneously with pouring of ion.

[0011] Moreover, as for the acceleration voltage in the case of the ion implantation of inert gas, in the two above-mentioned methods, it is good that they are 10 or more keVs. Because, although it is because a spatter phenomenon occurs and the pouring depth does not become large in less than 10 keVs, when sufficient ion implantation to the interior is taken into consideration, this acceleration voltage is 50 or more keVs especially preferably.

[0012]

[Function] If the mixolimnion of a carbon atom and a pouring atom is formed in the interface portion of a base material and a hard carbon film, while the adhesion of a base material and a hard carbon film will improve, a friction property improves. Moreover, the difference of the coefficient of thermal expansion of a base material and a hard carbon film is absorbed by the mixolimnion.

[0013] After forming a hard carbon film, ion is poured in with ion-implantation. How to form the mixolimnion of a carbon atom and a pouring atom in the interface portion of a base material and a hard carbon film by this, And as soon as it forms a hard

carbon film, ion is poured in with ion-implantation, and according to the method of forming the mixolimnion of a carbon atom and a pouring atom in the interface portion of a base material and a hard carbon film by this, the moving part mentioned above can be manufactured easily.

[0014]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained with reference to a drawing.

[0015] Drawing 1 expands and shows a part of moving part by this invention.

[0016] It is the base material (1) which a moving part becomes from stainless steel in drawing 1. It is a DLC film (2) to a front face. It is formed and is a base material (1). DLC film (2) To an interface portion, it is a DLC film (2). Carbon atom to constitute (3) Pouring atom (4) Mixolimnion (5) It is formed. In addition, (6) Base material (1) The atom to constitute is shown. Base material (1) It sets to a surface layer and is a DLC film (2). Carbon atom to constitute (3) A part and pouring atom (4) It has entered in the base material (1).

[0017] The equipment used for drawing 2 manufacturing a moving part is shown.

[0018] It is fundamentally the same as that of an ion plating system, and the equipment shown in drawing 2 is a vacuum chamber (10), an electron beam evaporation source (11), the ionization section (12), and a base material (1). It has the base-material supporter material (13) supported in the state where it inclined 45 degrees. Moreover, base material attached in the vacuum chamber (10) at base-material supporter material (13) (1) The ion accelerator (14) which irradiates an ion beam is prepared.

[0019] It is a base material (1) about the carbon evaporated from the evaporation source (11) while rotating a base material (1) by using such equipment and rotating base-material supporter material (13). As soon as it carries out vacuum evaporatono, for example, nitrogen ion is poured in by the ion accelerator (14), and a moving part is manufactured by forming a DLC film (2).

[0020] Moreover, it is a base material (1) about the carbon evaporated from the evaporation source (11) when using the equipment shown in drawing 2. For example, nitrogen ion is poured in by the back ion accelerator (14) which carried out vacuum evaporatono, and it is a DLC film (2). A moving part is manufactured also by forming.

[0021] Other equipments used for drawing 3 manufacturing a moving part are shown.

[0022] It is fundamentally the same as that of a vacuum evaporation system, and the equipment shown in drawing 3 is a vacuum chamber (20), an evaporation source (21), and a base material (1). It has the base-material supporter material (22) supported in the state where it inclined 45 degrees. Moreover, base material attached in the vacuum chamber (20) at base-material supporter material (22) (1) The ion accelerator (23) which irradiates an ion beam is prepared.

[0023] It is a base material (1) about the carbon evaporated from the evaporation source (21) while rotating a base material (1) by using such equipment and rotating base-material supporter material (22). As soon as it carries out vacuum evaporatono, for example, nitrogen ion is poured in by the ion accelerator (23), and a moving part is manufactured by forming a DLC film (2).

[0024] Moreover, it is a base material (1) about the carbon evaporated from the evaporation source (21) when using the equipment shown in drawing 3. For example, nitrogen ion is poured in by the back ion accelerator (23) which carried out vacuum evaporatono, and it is a DLC film (2). A moving part is manufactured also by forming.

[0025] Next, the concrete example of this invention is explained with the example of comparison.

[0026] While using the equipment shown in example 1 drawing 2, the graphite was used as quality of an emission. And base material which consists of an Si wafer (1) It attaches in base-material supporter material (13), and is a base material (1). It is a base material (1) about the carbon which evaporated from the evaporation source (11) while making it rotate. As soon as it carries out vacuum evaporatono, nitrogen ion is poured in by the ion accelerator (14), and it is a DLC curtain (2). It formed. Membrane formation conditions are degree of vacuum  $10^{-4}$ Torr in a vacuum chamber (10), time 10min, 100mA of emission currents, and -1.0kV of bias voltage. In addition, ion plating conditions are 1kV in filament current 14A and bombardment voltage, and ion-implantation conditions are acceleration energy 150keV and dose  $2.5 \times 10^{16}$ ions.

[0027] While using the equipment shown in example 2 drawing 2, the graphite was used as quality of an emission. And base material which consists of an Si wafer (1) It attaches in base-material supporter material (13), and is a base material (1). It is a base material (1) about the carbon which evaporated from the evaporation source (11) while making it rotate. After carrying out vacuum evaporatono, nitrogen ion is poured in by the ion accelerator (14), and it is a DLC film (2). It formed. Membrane formation conditions are degree of vacuum  $10^{-4}$ Torr in a vacuum chamber (10), time 10min, 100mA of emission currents, and -1.0kV of bias voltage. In addition, ion plating conditions are 1kV in filament current 14A and bombardment voltage, and ion-implantation conditions are acceleration energy 150keV and dose  $2.5 \times 10^{16}$ ions.

[0028] While using the equipment shown in example 3 drawing 3, the graphite was used as quality of an emission. And base material which consists of an Si wafer (1) It attaches in base-material supporter material (22), and is a base material (1). It is a base material (1) about the carbon which evaporated from the evaporation source (21) while making it rotate. As soon as it carries out vacuum evaporatono, nitrogen ion is poured in by the ion accelerator (23), and it is a DLC film (2). It formed. Membrane formation conditions are degree of vacuum  $10^{-4}$ Torr in a vacuum chamber (20), time 10min, and 100mA of emission currents. In addition, ion-implantation conditions are acceleration energy 150keV and dose  $2.5 \times 10^{16}$ ions.

[0029] While using the equipment shown in example 4 drawing 3, the graphite was used as quality of an emission. And base material which consists of an Si wafer (1) It attaches in base-material supporter material (22), and is a base material (1). It is a base material (1) about the carbon which evaporated from the evaporation source (21) while making it rotate. After carrying out vacuum evaporatono, nitrogen ion is poured in by the ion accelerator (23), and it is a DLC film (2). It formed. Membrane formation conditions are degree of vacuum  $10^{-4}$ Torr in a vacuum chamber (20), time 10min, and 100mA of emission currents. In addition, ion-implantation conditions are acceleration energy 150keV and dose  $2.5 \times 10^{16}$ ions.

[0030] While using the equipment shown in example of comparison 1 drawing 2, the graphite was used as quality of an emission. And base material which consists of an Si wafer (1) It attaches in base-material supporter material (13), and is a base material (1). It is a base material (1) about the carbon which evaporated from the evaporation source (11) while making it rotate. Vacuum evaporation is carried out and it is a DLC curtain (2). It formed. Membrane formation conditions are degree of vacuum 10-4Torr in a vacuum chamber (10), time 10min, 100mA of emission currents, and -1.0kV of bias voltage. In addition, ion plating conditions are 1kV in filament current 14A and bombardment voltage.

[0031] While using the equipment shown in example of comparison 2 drawing 3, the graphite was used as quality of an emission. And base material which consists of an Si wafer (1) It attaches in base-material supporter material (22), and is a base material (1). It is a base material (1) about the carbon which evaporated from the evaporation source (21) while making it rotate. Vacuum evaporation is carried out and it is a DLC film (2). It formed. Membrane formation conditions are degree of vacuum 10-4Torr in a vacuum chamber, time 20min, and 100mA of emission currents.

[0032] DLC film of the moving part manufactured in examples 1-4 and the examples 1-2 of comparison (2) In order to evaluate a performance, the fine oscillating scratch examination by the diamond indenter was performed, and it asked for the relation between a load and frictional force. The result is shown in drawing 4.

[0033] It is a DLC film (2) at the time of use that frictional force becomes large in drawing 4. A bird clapper is expressed that destruction tends to take place. It sets to drawing 4 and is the DLC film (2) of examples 1 and 2. A performance is the DLC film (2) of examples 3 and 4. It is thought that the performance is excelled because according to the ion plating method an evaporation atom can be ionized, it can accelerate electrically and a base material can be made to carry out collision adhesion.

[0034] The 1st as shown in drawing 5 and drawing 6, respectively from example 5 and example of comparison 3-4SUS440C, and the 2nd two cylinder-like base material (30) and (31) were built. The 1st base material (30) shown in drawing 5 is 10mm in the outer diameter of 30mm, the bore of 10mm, and length, and beveling is performed to the both ends of a periphery side. The 2nd base material (31) shown in drawing 6 is 10mm in the outer diameter of 30mm, the bore of 10mm, and length, and is a flat side (31a) with a width of face of 0.7mm to the center section of the length of a periphery side. It is formed and the diameter of the both sides is gradually reduced toward the edge. And two moving parts which formed the DLC film like the case of the example 1 mentioned above to the periphery side of both base materials (30) and (31) (example 5), Two moving parts which formed the DLC film like the case of the example 1 of comparison mentioned above to the periphery side of both base materials (30) and (31) (example 3 of comparison), Two moving parts (example 4 of comparison) which do not form the DLC film in the periphery side of both base materials (30) and (31) are prepared, and 2 \*\*\*\*\* use a \*\*slip-test machine, and it was made to rotate, contacting two moving parts, an example 5 and the examples 3-4 of comparison, mutually, as shown in drawing 7. The rotational frequency of the moving part [ rotational frequency / of the moving part using the 1st base material (30) ] using 600rpm and the 2nd base material (31) was set to 580rpm, it rolled considering the slip factor as 3.3%, - slip test was performed, and change of the friction torque accompanying time progress and the amount of raising dust were investigated. Change of the friction torque of an example 5 and the examples 3-4 of comparison is shown in drawing 8, the amount of raising dust of an example 5 is shown in drawing 9, and the amount of raising dust of the example 4 of comparison is shown in drawing 10, respectively.

[0035] Although nitrogen is mentioned as pouring ion in the above-mentioned example, it cannot be overemphasized that the effect that inert gas, such as an argon, titanium, carbon, boron, etc. are the same is acquired.

[0036]

[Effect of the Invention] Since according to the moving part of this invention a friction property improves as mentioned above while the adhesion of a base material and a hard carbon film improves compared with the conventional thing, even if a load becomes large at the time of use, frictional force does not increase, but exfoliation of a hard carbon film is prevented. Moreover, since the difference of the coefficient of thermal expansion of a base material and a hard carbon film is absorbed by the mixolimnion, the exfoliation is prevented when internal stress occurs on a hard carbon film after hard carbon film formation.

[0037] Moreover, according to the two methods of this invention, the moving part which has an effect which was mentioned above can be manufactured easily.

[Translation done.]

\*NOTICES\*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing expanding and showing a part of moving part by this invention.

[Drawing 2] It is drawing showing the outline composition of the equipment which manufactures a moving part.

[Drawing 3] It is drawing showing the outline composition of other equipments which manufacture a moving part.

[Drawing 4] It is the graph with which the result of a performance-evaluation examination of the moving part of examples 1-4 and the examples 1-2 of comparison is shown, and the relation between a load and frictional force is expressed.

[Drawing 5] It is partial drawing of longitudinal section showing the 1st base material used for the moving part of an example 5 and the examples 3-4 of comparison.

[Drawing 6] It is partial drawing of longitudinal section showing the 2nd base material used for the moving part of an example 5 and the examples 3-4 of comparison.

[Drawing 7] It is the side elevation showing the evaluation test method of the moving part of an example 5 and the examples 3-4 of comparison.

[Drawing 8] It is the graph which shows change of the friction torque accompanying time progress of the moving part of an example 5 and the examples 3-4 of comparison.

[Drawing 9] It is the graph which shows the amount of raising dust accompanying time progress of the moving part of an example 5.

[Drawing 10] It is the graph which shows the amount of raising dust accompanying time progress of the moving part of the example 4 of comparison.

[Description of Notations]

1 Base Material

2 DLC Film (Hard Carbon Film)

3 Carbon Atom

4 Pouring Atom

5 Mixolimnion

30 Base Material

31 Base Material

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The moving part which is a moving part in which the hard carbon film is formed on the surface of the base material and by which the mixolimnion of a carbon atom and a pouring atom is formed in the interface portion of a base material and a hard carbon film.

[Claim 2] The manufacture method of the moving part characterized by being the method of manufacturing the moving part in which the hard carbon film is formed on the surface of the base material, pouring in ion with ion-implantation after forming a hard carbon film, and forming the mixolimnion of a carbon atom and a pouring atom in the interface portion of a base material and a hard carbon film by this.

[Claim 3] The manufacture method of the moving part characterized by pouring in ion with ion-implantation and forming the mixolimnion of a carbon atom and a pouring atom in the interface portion of a base material and a hard carbon film by this as soon as [ are the method of manufacturing the moving part in which the hard carbon film is formed on the surface of the base material, and ] it forms a hard carbon film.

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-90553

(43) 公開日 平成7年(1995)4月4日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 3 C	14/22	A 9271-4K		
	14/48	D 8414-4K		
	16/26			
	16/56			

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平5-239554

(22) 出願日 平成5年(1993)9月27日

(71) 出願人 593178650

三宅 正二郎

東京都羽村市五ノ神3-1-38

(71) 出願人 000001247

光洋精工株式会社

大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号

(72) 発明者 三宅 正二郎

東京都羽村市五ノ神3-1-38

(72) 発明者 山元 賢二

大阪市中央区南船場三丁目5番8号 光洋精工株式会社内

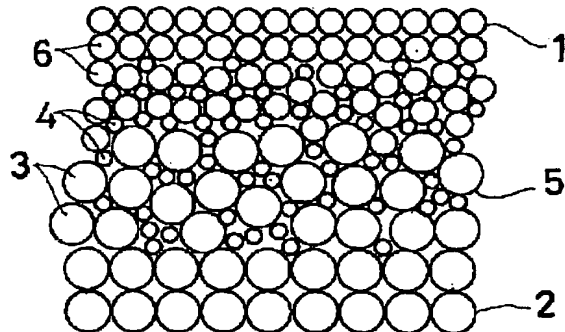
(74) 代理人 弁理士 岸本 瑛之助 (外3名)

(54) 【発明の名称】 摺動部品およびその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 基材とDLC膜との密着性を向上させるとともに、摩擦特性を向上させる。基材とDLC膜との熱膨張率の差を混合層で吸収する。

【構成】 基材1の表面にDLC膜2が形成されている摺動部品である。基材1とDLC膜2との界面部分に、炭素原子3と注入原子4との混合層5を形成する。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基材の表面に硬質カーボン膜が形成されている摺動部品であって、

基材と硬質カーボン膜との界面部分に、炭素原子と注入原子との混合層が形成されている摺動部品。

【請求項2】 基材の表面に硬質カーボン膜が形成されている摺動部品を製造する方法であって、

硬質カーボン膜を形成した後、イオン注入法によりイオンを注入し、これによって基材と硬質カーボン膜との界面部分に、炭素原子と注入原子との混合層を形成することを特徴とする摺動部品の製造方法。

【請求項3】 基材の表面に硬質カーボン膜が形成されている摺動部品を製造する方法であって、

硬質カーボン膜を形成するのと同時に、イオン注入法によりイオンを注入し、これによって基材と硬質カーボン膜との界面部分に、炭素原子と注入原子との混合層を形成することを特徴とする摺動部品の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、摺動部品およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体、医療、宇宙機器などの各先端分野において、真空雰囲気、活性および不活性ガス雰囲気、クリーンルームなどのクリーン環境で使用される測定器、製造装置、入出力機器などには、各種の摺動部品が含まれている。このような摺動部品としては、たとえば転がり軸受の軸受部品が知られている。転がり軸受においても、使用時には軌道輪と転動体との間にすべりが発生することは避けられない。ところで、上述したようなクリーンな環境で使用される摺動部品としては、使用のさいの摩擦係数が小さいことはもちろんのこと、特に発塵量が微少であることが要求される。

【0003】 従来、このような要求を満たした摺動部品として、基材の表面に非晶質のダイヤモンド状カーボン(DLC)膜と称される硬質カーボン膜が形成されたものが考えられている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 このような硬質カーボン膜は、各種PVD法や、各種CVD法により形成されるが、DLC膜と基材との密着性は悪く、しかも摩擦特性が劣るために、使用時に負荷が大きくなると摩擦係数が増大して剥離が生じるという問題があった。また、基材とDLC膜との熱膨張率の差が大きいので、DLC膜形成後にDLC膜に内部応力が発生し、剥離が生じるという問題があった。

【0005】 この発明の目的は、上記問題を解決した摺動部品およびその製造方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 この発明による摺動部品

2

は、基材の表面に硬質カーボン膜が形成されている摺動部品であって、基材と硬質カーボン膜との界面部分に、炭素原子と注入原子との混合層が形成されているものである。

【0007】 この発明による摺動部品の製造方法は、基材の表面に硬質カーボン膜が形成されている摺動部品を製造する方法であって、硬質カーボン膜を形成した後、イオン注入法によりイオンを注入し、これによって基材と硬質カーボン膜との界面部分に、炭素原子と注入原子との混合層を形成することを特徴とするものである。

【0008】 この方法において、硬質カーボン膜はDLC膜であり、その形成は、従来と同様に各種PVD法や各種CVD法により行なわれる。

【0009】 この発明による他の摺動部品の製造方法は、基材の表面に硬質カーボン膜が形成されている摺動部品を製造する方法であって、硬質カーボン膜を形成するのと同時に、イオン注入法によりイオンを注入し、これによって基材と硬質カーボン膜との界面部分に、炭素原子と注入原子との混合層を形成することを特徴とするものである。

【0010】 この方法において、硬質カーボン膜はDLC膜であり、その形成は、イオンプレーティング法または真空蒸着法により行なうのがよい。なぜならば、これらの方法は高真空中で実施することが可能となり、イオンの注入と同時に行うことが簡単になるからである。

【0011】 また、上記2つの方法において、不活性ガスのイオン注入のさいの加速電圧は10keV以上であるのがよい。なぜならば、10keV未満ではスパッタ現象が起きて注入深さが大きくなりすぎるからであるが、内部までの十分なイオン注入を考慮すると、この加速電圧は特に好ましくは50keV以上である。

【0012】

【作用】 基材と硬質カーボン膜との界面部分に、炭素原子と注入原子との混合層が形成されていると、基材と硬質カーボン膜との密着性が向上するとともに、摩擦特性が向上する。また、基材と硬質カーボン膜との熱膨張率の差が混合層で吸収される。

【0013】 硬質カーボン膜を形成した後、イオン注入法によりイオンを注入し、これによって基材と硬質カーボン膜との界面部分に、炭素原子と注入原子との混合層を形成する方法、および硬質カーボン膜を形成するのと同時に、イオン注入法によりイオンを注入し、これによって基材と硬質カーボン膜との界面部分に、炭素原子と注入原子との混合層を形成する方法によれば、上述した摺動部品を簡単に製造できる。

【0014】

【実施例】 以下、この発明の実施例を、図面を参照して説明する。

【0015】 図1はこの発明による摺動部品の一部分を拡大して示す。



3

【0016】図1において、摺動部品は、たとえばステンレス鋼からなる基材(1)の表面にDLC膜(2)が形成され、基材(1)とDLC膜(2)との界面部分に、DLC膜(2)を構成する炭素原子(3)と注入原子(4)との混合層(5)が形成されたものである。なお、(6)は基材(1)を構成する原子を示す。基材(1)の表面層において、DLC膜(2)を構成する炭素原子(3)の一部、および注入原子(4)は、基材(1)内に入り込んでいる。

【0017】図2は摺動部品を製造するのに用いられる装置を示す。

【0018】図2に示す装置は基本的にはイオンブレーティング装置と同一であり、真空チャンバ(10)、電子ビーム蒸発源(11)、イオン化部(12)および基材(1)を45度傾斜した状態で支持する基材支持部材(13)を備えている。また、真空チャンバ(10)に、基材支持部材(13)に取付けられた基材(1)にイオンビームを照射するイオン加速器(14)が設けられている。

【0019】このような装置を使用し、基材支持部材(13)を回転させることにより基材(1)を回転させながら、蒸発源(11)から蒸発させたカーボンを基材(1)に蒸着させるのと同時にイオン加速器(14)によりたとえば窒素イオンを注入し、DLC膜(2)を形成することによって摺動部品が製造される。

【0020】また、図2に示す装置を使用する場合、蒸発源(11)から蒸発させたカーボンを基材(1)に蒸着させた後イオン加速器(14)によりたとえば窒素イオンを注入し、DLC膜(2)を形成することによっても摺動部品が製造される。

【0021】図3は摺動部品を製造するのに用いられる他の装置を示す。

【0022】図3に示す装置は基本的には真空蒸着装置と同一であり、真空チャンバ(20)、蒸発源(21)および基材(1)を45度傾斜した状態で支持する基材支持部材(22)を備えている。また、真空チャンバ(20)に、基材支持部材(22)に取付けられた基材(1)にイオンビームを照射するイオン加速器(23)が設けられている。

【0023】このような装置を使用し、基材支持部材(22)を回転させることにより基材(1)を回転させながら、蒸発源(21)から蒸発させたカーボンを基材(1)に蒸着させるのと同時にイオン加速器(23)によりたとえば窒素イオンを注入し、DLC膜(2)を形成することによって摺動部品が製造される。

【0024】また、図3に示す装置を使用する場合、蒸発源(21)から蒸発させたカーボンを基材(1)に蒸着させた後イオン加速器(23)によりたとえば窒素イオンを注入し、DLC膜(2)を形成することによっても摺動部品が製造される。

【0025】次に、この発明の具体的な実施例について比較例とともに説明する。

【0026】実施例1

4

図2に示す装置を使用するとともに蒸発物質として黒鉛を使用した。そして、Siウェハからなる基材(1)を基材支持部材(13)に取付けておき、基材(1)を回転させながら蒸発源(11)から蒸発したカーボンを基材(1)に蒸着させるのと同時にイオン加速器(14)により窒素イオンを注入し、DLC膜(2)を形成した。成膜条件は、真空チャンバ(10)内の真空度 $10^{-4}$ Torr、時間10min、エミッション電流100mA、バイアス電圧-1.0kVである。なお、イオンブレーティング条件はフィラメント電流14A、ボンバードメント電圧1kVであり、イオン注入条件は加速エネルギー150keV、ドーズ量 $2.5 \times 10^{16}$ ionsである。

【0027】実施例2

図2に示す装置を使用するとともに蒸発物質として黒鉛を使用した。そして、Siウェハからなる基材(1)を基材支持部材(13)に取付けておき、基材(1)を回転させながら蒸発源(11)から蒸発したカーボンを基材(1)に蒸着させた後、イオン加速器(14)により窒素イオンを注入し、DLC膜(2)を形成した。成膜条件は、真空チャンバ(10)内の真空度 $10^{-4}$ Torr、時間10min、エミッション電流100mA、バイアス電圧-1.0kVである。なお、イオンブレーティング条件はフィラメント電流14A、ボンバードメント電圧1kVであり、イオン注入条件は加速エネルギー150keV、ドーズ量 $2.5 \times 10^{16}$ ionsである。

【0028】実施例3

図3に示す装置を使用するとともに蒸発物質として黒鉛を使用した。そして、Siウェハからなる基材(1)を基材支持部材(22)に取付けておき、基材(1)を回転させながら蒸発源(21)から蒸発したカーボンを基材(1)に蒸着させるのと同時にイオン加速器(23)により窒素イオンを注入し、DLC膜(2)を形成した。成膜条件は、真空チャンバ(20)内の真空度 $10^{-4}$ Torr、時間10min、エミッション電流100mAである。なお、イオン注入条件は加速エネルギー150keV、ドーズ量 $2.5 \times 10^{16}$ ionsである。

【0029】実施例4

図3に示す装置を使用するとともに蒸発物質として黒鉛を使用した。そして、Siウェハからなる基材(1)を基材支持部材(22)に取付けておき、基材(1)を回転させながら蒸発源(21)から蒸発したカーボンを基材(1)に蒸着させた後にイオン加速器(23)により窒素イオンを注入し、DLC膜(2)を形成した。成膜条件は、真空チャンバ(20)内の真空度 $10^{-4}$ Torr、時間10min、エミッション電流100mAである。なお、イオン注入条件は加速エネルギー150keV、ドーズ量 $2.5 \times 10^{16}$ ionsである。

【0030】比較例1

図2に示す装置を使用するとともに蒸発物質として黒鉛を使用した。そして、Siウェハからなる基材(1)を基

材支持部材(13)に取付けておき、基材(1)を回転させながら蒸発源(11)から蒸発したカーボンを基材(1)に蒸着させてDLC膜(2)を形成した。成膜条件は、真空チャンバ(10)内の真空度 $10^{-4}$ Torr、時間10min、エミッション電流100mA、バイアス電圧-1.0kVである。なお、イオンプレーティング条件はフィラメント電流14A、ボンバードメント電圧1kVである。

#### 【0031】比較例2

図3に示す装置を使用するとともに蒸発物質として黒鉛を使用した。そして、Siウェハからなる基材(1)を基材支持部材(22)に取付けておき、基材(1)を回転させながら蒸発源(21)から蒸発したカーボンを基材(1)に蒸着させてDLC膜(2)を形成した。成膜条件は、真空チャンバ内の真空度 $10^{-4}$ Torr、時間20min、エミッション電流100mAである。

【0032】実施例1～4および比較例1～2で製造された摺動部品のDLC膜(2)の性能を評価するために、ダイヤモンド圧子による微振動スクラッチ試験を行ない、負荷と摩擦力との関係を求めた。その結果を図4に示す。

【0033】図4において、摩擦力が大きくなるということは、使用時にDLC膜(2)の破壊が起こりやすくなることを表す。図4において、実施例1および2のDLC膜(2)の性能が実施例3および4のDLC膜(2)の性能よりも優れているのは、イオンプレーティング法によれば、蒸発原子をイオン化し、電氣的に加速して基材に衝突付着させることができるからであると考えられる。

#### 【0034】実施例5および比較例3～4

SUS440Cからそれぞれ図5および図6に示すような第1および第2の2つの円筒状基材(30)(31)をつくった。図5に示す第1基材(30)は、外径30mm、内径10mm、長さ10mmで、外周面の両端部に面取りが施されている。図6に示す第2基材(31)は、外径30mm、内径10mm、長さ10mmで、外周面の長さの中央部に幅0.7mmの平坦面(31a)が形成され、その両側は端部に向かって漸次縮径されている。そして、両基材(30)(31)の外周面に上述した実施例1の場合と同様にしてDLC膜を形成した2つの摺動部品(実施例5)と、両基材(30)(31)の外周面に上述した比較例1の場合と同様にしてDLC膜を形成した2つの摺動部品(比較例3)と、両基材(30)(31)の外周面にDLC膜を形成していない2つの摺動部品(比較例4)とを用意し、2円筒転がり-滑り試験機を使用して、図7に示すように、実施例5および比較例3～4の2つの摺動部品を相互に接触させながら回転させた。第1基材(30)を用いた摺動部品の回転数を600rpm、第2基材(31)を用いた摺動部品の回転数を580rpmとし、滑り率を3.3%として転がり-滑り試験を行ない、時間経過に伴う摩擦トルクの変化と、発塵量とを調べた。実施例5および比

較例3～4の摩擦トルクの変化を図8に示し、実施例5の発塵量を図9に、比較例4の発塵量を図10にそれぞれ示す。

【0035】上記実施例では、注入イオンとして窒素が挙げられているが、アルゴンなどの不活性ガスや、チタン、炭素、ホウ素なども同様の効果が得られることはいうまでもない。

#### 【0036】

【発明の効果】この発明の摺動部品によれば、上述のように、従来のものに比べて基材と硬質カーボン膜との密着性が向上するとともに、摩擦特性が向上するので、使用時に負荷が大きくなっても摩擦力が増大せず、硬質カーボン膜の剥離が防止される。また、基材と硬質カーボン膜との熱膨張率の差が混合層で吸収されるので、硬質カーボン膜形成後に硬質カーボン膜に内部応力が発生した場合にも、その剥離が防止される。

【0037】また、この発明の2つの方法によれば、上述したような効果を有する摺動部品を簡単に製造することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明による摺動部品の一部分を拡大して示す図である。

【図2】摺動部品を製造する装置の概略構成を示す図である。

【図3】摺動部品を製造する他の装置の概略構成を示す図である。

【図4】実施例1～4および比較例1～2の摺動部品の性能評価試験の結果を示し、負荷と摩擦力との関係を表すグラフである。

【図5】実施例5および比較例3～4の摺動部品に用いる第1基材を示す部分縦断面図である。

【図6】実施例5および比較例3～4の摺動部品に用いる第2基材を示す部分縦断面図である。

【図7】実施例5および比較例3～4の摺動部品の評価試験方法を示す側面図である。

【図8】実施例5および比較例3～4の摺動部品の時間経過に伴う摩擦トルクの変化を示すグラフである。

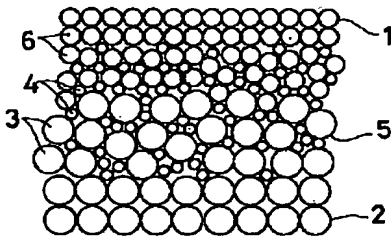
【図9】実施例5の摺動部品の時間経過に伴う発塵量を示すグラフである。

【図10】比較例4の摺動部品の時間経過に伴う発塵量を示すグラフである。

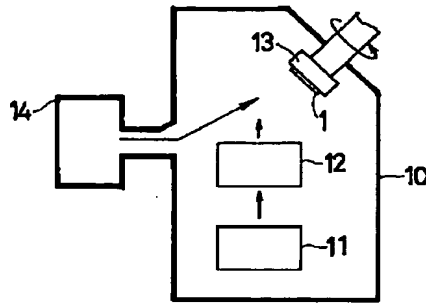
#### 【符号の説明】

1	基材
2	DLC膜(硬質カーボン膜)
3	炭素原子
4	注入原子
5	混合層
30	基材
31	基材

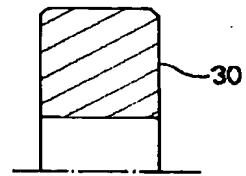
【図1】



【図2】



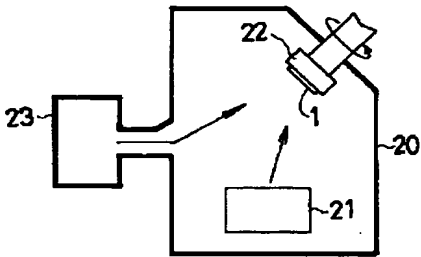
【図5】



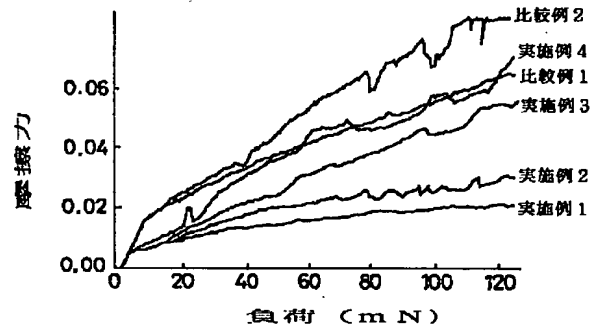
【図7】



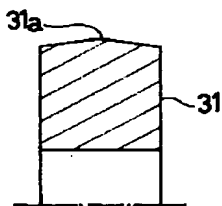
【図3】



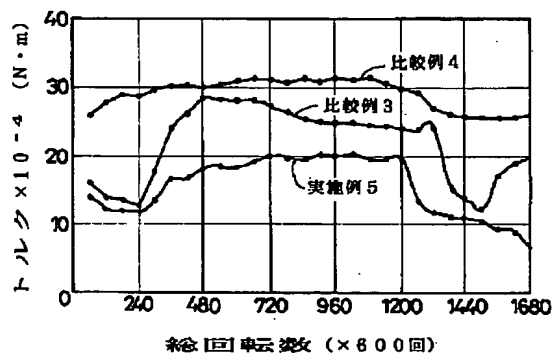
【図4】



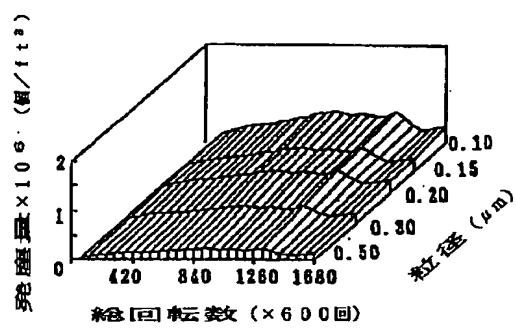
【図6】



【図8】



【図9】



【図10】

